

Technical Paper

Rancang Bangun Konverter Biogas untuk Motor Bensin Silinder Tunggal

Design of Biogas Converter for Single Cylinder Gasoline Engine

Desrial, Dep. Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Email: desrial@ipb.ac.id

Dyah Wulandani, Dep. Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB.

Email: dyahwulandani@yahoo.com

Abstract

The need for energy continues to increase along with the increase of population in Indonesia. This is in contrast with the fact that the main oil energy source is reducing day by day. To overcome this problem renewable energy sources such as biogas becomes very important. Methane content in the biogas ranged between 60-65 %, where the value is large enough to be used as an energy source replacement of gasoline. The purpose of this study is to design a converter that is capable to perform biogas and air mixing for optimum use of biogas in gasoline engine. The main parts of biogas converter are the venturi, choke valves, throttle valves, as well as the coupler to the engine. Testing was done by applying converter on a gasoline engine with biogas fuel. Engine performance was tested using a dynamometer and the results are compared with the performance of the motor using gasoline fuel. Test results show that the optimal power is achieved at 0.979 kW at 3146 rpm and a torque of 4.3 Nm, while the motor power with gasoline kW and a torque of 1.86 Nm at 6:21.

Keywords: renewable energy, biogas, converter, gasoline engine, agricultural machinery

Abstrak

Kebutuhan energi terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia. Hal ini berkebalikan dengan kenyataan bahwa sumber energi utama kita sehari-hari, yaitu minyak bumi terus menipis. Untuk mengatasi kelangkaan ini diperlukan adanya sumber energi baru dan terbarukan, salah satunya biogas. Kandungan metana dalam biogas berkisar antara 60 - 65 %, dimana nilai ini cukup besar untuk dijadikan sebagai sumber energi pengganti bahan bakar bensin. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah konverter yang mampu mencampur biogas dan udara dengan campuran yang tepat dan agar motor bensin mampu beroperasi dengan bahan bakar biogas secara optimal. Konverter yang dirancang memiliki bagian-bagian utama yaitu venturi, selongsong venturi, katup *choke*, katup *throttle*, serta kedudukan. Pengujian konverter dilakukan dengan cara memasang konverter pada motor bensin 4 tak dan menjalankan motor dengan bahan bakar biogas. Selanjutnya motor diuji kinerjanya menggunakan dynamometer dan hasilnya dibandingkan dengan kinerja motor menggunakan bahan bakar bensin. Hasil pengujian menunjukkan daya optimal yang dicapai sebesar 0.98 kW pada 3146 rpm dan torsi sebesar 4.31 Nm, sementara daya motor dengan bahan bakar bensin sebesar 1.86 kW dan torsi sebesar 6.21 Nm.

Kata kunci: energi terbarukan, biogas, konverter, motor bensin, alat mesin pertanian

Diterima: 01 Oktober 2013; Disetujui: 07 Januari 2014

Pendahuluan

Kebutuhan energi di masyarakat saat ini terus meningkat seiring dengan terus bertambahnya jumlah penduduk. Sementara sumber energi utama saat ini, yaitu energi fosil terus mengalami penurunan produktivitas dan cadangan yang semakin menipis. Untuk mengatasi hal ini, maka pencarian berbagai alternatif energi baru yang terbarukan harus

dilakukan. Salah satu sumber energi terbarukan yang cukup menjanjikan adalah biogas.

Secara umum, biogas mengandung 60-65% gas metana (Harikishan, 2008), dimana jumlah kandungan metana ini adalah nilai yang cukup potensial untuk digunakan sebagai sumber energi alternatif. Selama ini biogas pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar untuk untuk kompor memasak ataupun lampu penerangan.

Di negara-negara maju biogas juga sudah mulai digunakan sebagai bahan bakar motor bensin untuk alternatif bahan bakar premium (Herringshaw B. 2009). Namun demikian penggunaannya masih terbatas pada motor bensin berukuran besar yang dipakai pada pembangkit listrik berbahan bakar biogas. Teknologi konverter bahan bakar biogas yang digunakan pada mesin tersebut juga relatif tinggi dengan biaya yang cukup mahal. Dalam rangka memasyarakatkan pemanfaatan biogas sebagai sumber energi terbarukan, maka perlu dikembangkan suatu teknologi konverter biogas yang sederhana dan dengan harga terjangkau yang dapat digunakan untuk motor bensin ukuran kecil yang banyak digunakan sebagai penggerak mesin-mesin pertanian. Konverter biogas tersebut akan didesain agar dapat menggantikan fungsi karburator yang biasa digunakan pada motor bensin standar.

Pengembangan energi terbarukan sebagai alternatif pengganti energi fosil merupakan suatu program pemerintah yang penting untuk menuju ketahanan energi nasional. Penelitian tentang penggunaan bahan bakar nabati berkembang pesat dalam dasawarsa terakhir dan telah menghasilkan berbagai inovasi bahan bakar nabati yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat seperti biodiesel, bioetanol ataupun penggunaan minyak nabati secara langsung yang dikenal dengan istilah *straight vegetable oil*, SVO untuk digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil. Namun demikian, masih ada sumber energi terbarukan yang potensinya sangat tinggi namun belum dimanfaatkan secara optimal yaitu energi biogas. Dewasa ini biogas sudah banyak dimanfaatkan sebagai bahan bakar untuk kompor memasak ataupun lampu penerangan (Wahyuni, 2011). Penggunaan biogas sebagai bahan bakar untuk motor bakar diesel ataupun bensin penggerak genset juga sudah mulai digunakan, namun masih sangat terbatas, itupun masih menggunakan motor bakar bensin/diesel yang diimpor dari luar negeri dengan harga yang relatif mahal.

Mengingat pada masa mendatang ketersediaan bahan baku biogas akan semakin meningkat dengan adanya program pemerintah untuk pemenuhan kebutuhan sapi nasional, maka pemanfaatan biogas perlu dikembangkan lagi. Pengembangan pemanfaatan biogas perlu dilakukan secara khusus untuk bahan bakar alternatif yang digunakan untuk menggerakkan motor bensin bagi mesin-mesin pertanian seperti mesin pompa air, mesin giling, mesin pengolahan dan lain-lain. Hal ini sangat diperlukan khususnya pada daerah pedesaan pertanian yang terpencil dimana kebutuhan bahan bakar fosil sangat sulit dipenuhi dan harganya yang mahal. Untuk itu penelitian ini difokuskan pada pengembangan teknologi konverter biogas yang dapat digunakan pada motor bensin bersilinder tunggal untuk penggerak mesin-mesin pertanian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi

pemecahan masalah kesulitan bahan bakar fosil pada daerah terpencil yang memiliki potensi peternakan yang besar dan pada akhirnya akan dapat meningkatkan kegiatan agroindustri dan kesejahteraan masyarakat petani dan peternak.

Metode Penelitian

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Motor Bakar dan Penggerak Mula, Laboratorium Teknik Energi Terbarukan, dan Laboratorium Lapangan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem IPB pada bulan Juni sampai dengan Oktober 2013.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan biogas dari bahan baku kotoran hewan sapi. Sedangkan peralatan yang akan digunakan adalah motor bakar bensin, peralatan perbengkelan manufaktur, instrumentasi (*termokopel, thermorecorder, load cell, tachometer, barometer* dan *data recorder, Engine test bench dynamometer*) serta peralatan pengujian karakteristik biogas.

Metode

Penelitian ini dilakukan mengikuti metode baku dari proses rancang bangun yaitu identifikasi masalah, perumusan pemecahan masalah, rancangan fungsional, rancangan struktural, analisis teknik, gambar teknik, fabrikasi dan pengujian kinerja. Berdasarkan kriteria rancangan maka rancangan fungsional dari konverter biogas yang terdiri dari bagian venturi, selongsong venturi/ruang nozel, *choke, throttle, packing*, dan *flens, float chamber/* kantung penjajah. Rancangan struktural konverter biogas dibuat berdasarkan analisis teknik yang dirancang berdasarkan pemilihan dan kekuatan bahan, serta persyaratan teoritis dari pencampuran bahan bakar dan udara yang optimal. Untuk mendukung akurasi rancangan struktural dilakukan simulasi menggunakan CFD untuk melihat kinerja pencampuran bahan bakar biogas dan udara pada konverter biogas.

Pengujian kinerja konverter biogas dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya pada kinerja daya poros motor bensin. Parameter yang diukur pada pengujian ini meliputi putaran motor, daya, dan torsi yang dihasilkan. Konverter diuji pada berbagai perlakuan sesuai jumlah lubang penyaluran biogas yang terbuka dimana jumlah lubang (*port*) biogas yang terbuka menentukan rasio luas penampang antara lubang udara masuk dan lubang biogas (Tabel 1).

Pengujian kinerja poros dilakukan menggunakan *dynamometer* merk Dyno-Mite dengan perangkat lunak Dyno-Max yang telah diinstal pada seperangkat komputer (Gambar 1). Pengujian dilakukan dengan metode standar pengukuran

Tabel 1. Rasio luas penampang dengan jumlah *port* yang berbeda

Jumlah lubang (port)	Rasio biogas/udara
2	1 : 5.556
4	1 : 2.778
6	1 : 1.852
8	1 : 1.389

kinerja motor bakar (Pramuhadi et al, 2010). Sebelum dilakukan pengujian, motor bensin akan dipanaskan terlebih dahulu dengan cara dinyalakan dan dibiarkan pada kecepatan putar rendah selama beberapa menit. Hal ini perlu dilakukan agar semua sistem di dalam motor berjalan normal, terutama sistem pelumasan.

Pengujian kinerja lapangan dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis motor bensin penggerak mesin-mesin pertanian yang dalam penelitian ini menggunakan pompa air. Pada pengukuran kinerja lapang dievaluasi kinerja kerja mesin pertanian (pompa air) yang menggunakan konverter biogas berupa kapasitas kerja dan konsumsi bahan bakar biogas dengan beban kerja yang biasa digunakan pada saat kerja di lapangan.

Hasil dan Pembahasan

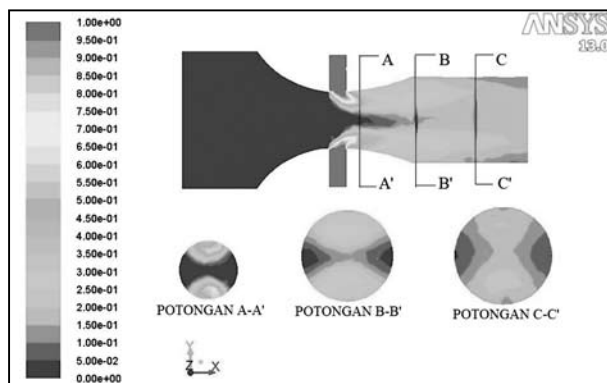
Simulasi Aliran Menggunakan *Computational Fluid Dynamics (CFD)*

Simulasi CFD dilakukan dengan tujuan untuk memprediksi pola aliran dan campuran di dalam venturi pada konverter biogas. Beberapa parameter dapat diamati pada simulasi ini, diantaranya ialah fraksi campuran, kecepatan aliran, dan tekanan. Fraksi campuran hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 2.

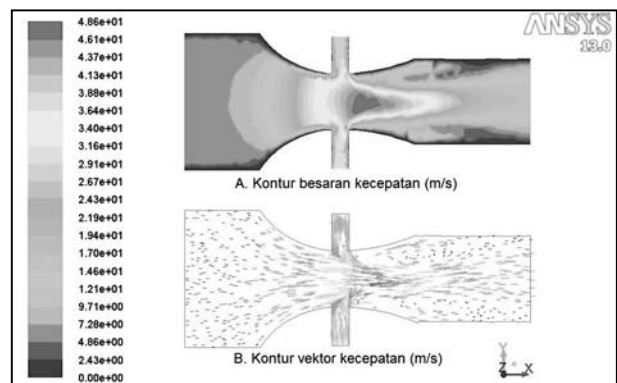
Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa biogas mampu menyebar dengan cukup merata ke seluruh bagian bagian saluran. Campuran yang merata atau homogen sangat penting dalam pembakaran. Campuran yang homogen dapat diartikan pula bahwa luas permukaan kontak antara molekul metana dan molekul oksigen besar. Hal ini berarti bahwa pembakaran akan semakin efisien dan semakin sedikit molekul metana yang tidak terbakar karena kurangnya molekul oksigen di sekitar molekul tersebut. Pada potongan A-A' dapat dilihat bahwa biogas masih terkonsentrasi pada dinding atas dan bawah venturi sebagai akibat dari posisi port biogas yang berada di atas dan di bawah. Pada potongan B-B' terlihat bahwa biogas mulai menyebar dan bercampur dengan udara. Pada potongan C-C' biogas dari port atas maupun port



Gambar 1. Pengaturan pengujian kinerja konverter dengan dinamometer



Gambar 2. Hasil simulasi CFD fraksi campuran udara dan biogas pada konverter.



Gambar 3. Hasil simulasi CFD kontur besaran kecepatan (A) dan kontur vektor kecepatan (B) pada konverter biogas

bawah telah bersatu di bagian tengah dan menjadi lebih homogen.

Secara teoritis, campuran udara - bahan bakar yang tepat secara stoikiometrik untuk biogas dengan kadar metana 60% ialah sebesar 1:5.74 atau sebesar 17.4%. (Keating, Eugene L., 1993) Dari hasil simulasi didapatkan bahwa campuran yang dihasilkan berada pada kisaran 10 hingga 20 persen. Hal ini menunjukkan bahwa konverter mampu mensuplai campuran pada rasio campuran yang cukup baik. Hal ini sangat penting dalam proses pembakaran di dalam silinder. Rasio yang terlalu kaya akan menyebabkan banyak molekul metana yang tidak terbakar sehingga pembakaran menjadi tidak efisien. Begitu sebaliknya apabila campuran terlalu miskin, akan ada banyak molekul oksigen yang tidak membakar apapun di dalam silinder. Selain itu, karena suplai energi yang masuk ke dalam silinder lebih rendah maka daya motor yang dihasilkan pun akan lebih rendah

Sementara itu pola kecepatan aliran dapat dilihat pada Gambar 3. Karakteristik aliran yang didapat dari

hasil simulasi cukup baik. Biogas mampu mengalir terhisap ke dalam venturi pada kecepatan sekitar 30 m/s dan langsung ikut terbawa dalam aliran udara yang berkecepatan sekitar 45 m/s pada leher venturi. Pada gambar kontur besaran kecepatan dapat dilihat bahwa aliran pada corong atau *cone venturi* cenderung terkonsentrasi di tengah dan pada bagian dinding aliran berjalan lambat. Apabila dibandingkan dengan vektor kecepatan pada gambar B dapat disimpulkan bahwa terjadi turbulensi pada bagian ini, sehingga campuran hanya berputar-putar dan tidak langsung mengalir menuju *intake manifold*. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh sudut corong venturi yang terlalu besar, sehingga aliran cenderung turbulen pada bagian tersebut. Cara untuk mengatasi hal ini ialah dengan mengurangi sudut corong venturi, namun pada praktiknya hal ini sulit dilakukan karena mengurangi sudut corong berarti pula menambah panjang venturi, padahal ruang yang tersedia untuk venturi dan katup *throttle* sangatlah terbatas.

Prototipe Konverter Biogas

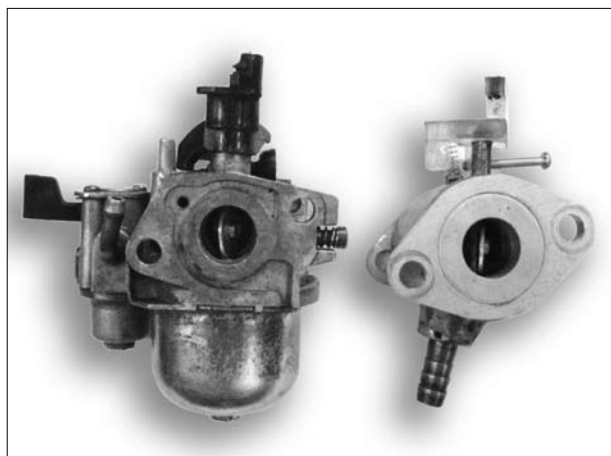
Pembuatan prototipe konverter biogas dilakukan berdasarkan hasil rancangan struktural dan gambar desainnya. Perbandingan antara konverter biogas hasil rancangan dan karburator bahan bakar bensin yang asli ditunjukkan pada Gambar 4.

Pada Gambar 4 terlihat bahwa bentuk karburator biogas lebih sederhana apabila dibandingkan dengan karburator bensin. Hal ini disebabkan karena banyak bagian – bagian pada karburator bensin yang tidak lagi dibutuhkan pada karburator biogas, seperti mangkok penampung bensin, filter bahan bakar, dan pelampung. Karburator biogas yang telah dibuat secara umum telah memenuhi kriteria perancangan yang ditentukan. Prototipe yang dibuat telah berfungsi dengan baik pada setiap komponennya dan sesuai dengan gambar kerja yang dibuat.

Pemasangan konverter biogas ini tidak mengubah apapun pada motor bensin kecuali karburator asli yang dilepas. Setelah prototipe dibuat dan dicoba dipasangkan pada motor, diketahui bahwa konverter sama sekali tidak mengganggu kinerja bagian lain pada motor dan tuas *throttle* pada karburator mampu mengikuti mekanisme *throttle* yang ada pada motor. Prototipe konverter biogas yang telah terpasang pada motor bensin dapat dilihat pada Gambar 5.

Kinerja Konverter Biogas

Gambar 6 memperlihatkan grafik kinerja poros pada pengujian dengan 2 sampai 8 buah lubang pemasukan biogas. Konverter dengan 8 buah lubang (Gambar 6a) secara umum cukup sulit untuk dioperasikan. Kesulitan ini disebabkan karena rasio luas penampang antara lubang udara dan biogas terlalu kecil, hanya sebesar 1 : 1.39, padahal secara teoritis campuran yang ideal untuk



(a) (b)

Gambar 4. Perbandingan karburator bensin (a) dan karburator biogas hasil rancangan (b)



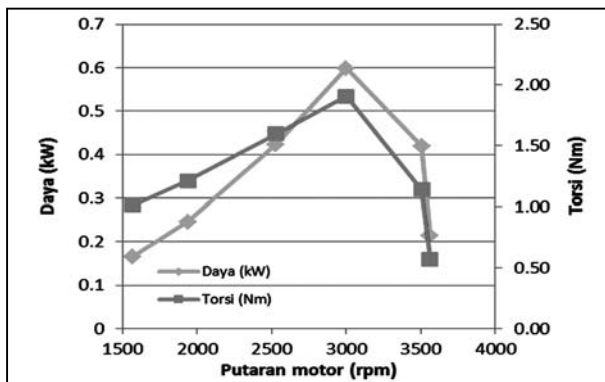
Gambar 5. Konverter biogas yang dipasang pada motor bensin

pembakaran biogas adalah sebesar 1 : 5.7. Hal ini akan menyebabkan campuran yang masuk ke dalam silinder terlalu kaya dan tidak bisa terbakar. Untuk mengatasi hal ini, dalam pengujian ada satu orang yang bertugas mengatur bukaan katup biogas hingga diperoleh bukaan yang tepat untuk menahan laju biogas sehingga campuran tidak terlalu kaya. Rasio yang terlalu jauh dari teori juga menyebabkan hasil pengujian kinerja konverter lubang 8 menunjukkan hasil yang paling buruk di antara semua perlakuan yang diuji. Torsi maksimum yang mampu dicapai hanya berada pada kisaran 2.1 Nm dan daya maksimum berada pada kisaran 0.7 kW.

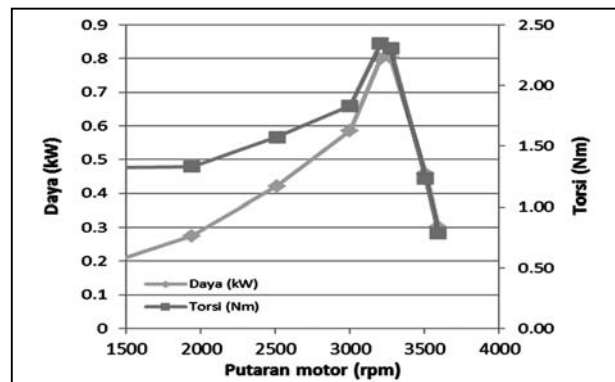
Secara umum karakteristik motor bakar dengan konverter 6 lubang (Gambar 6b) tidak jauh berbeda dengan motor dengan konverter 8 lubang. Torsi yang mampu dihasilkan berada pada kisaran 2.5 Nm dan daya yang dihasilkan ada pada kisaran 0.8 kW. Hal ini diakibatkan karena rasio luas penampang lubang udara dan biogas lebih mendekati teori dibanding pada karburator 8 lubang. Saat pembebanan dilakukan, motor lebih mampu menahan beban yang diberikan, hal ini terlihat dari bentuk ketiga grafik di atas. Walau hasil yang dicatat lebih baik dibanding karburator lubang 8, namun karburator lubang 6 ternyata masih tidak layak untuk diaplikasikan di lapangan.

Pada pengujian karburator dengan 4 lubang (Gambar 6c) didapatkan daya yang paling besar diantara semua perlakuan yang diuji. Pada pengujian ini didapatkan daya maksimum mencapai 1.415 kW pada 3664 rpm dan torsi maksimum sebesar 3.631 Nm pada 3664 rpm. Karburator lubang 4 memiliki rasio luas penampang 1 : 2.778, lebih mendekati teori dibanding dua pengujian sebelumnya. Meskipun belum sesuai dengan teori, namun kinerja motor dengan karburator 4 lubang lebih baik dibanding dua perlakuan sebelumnya.

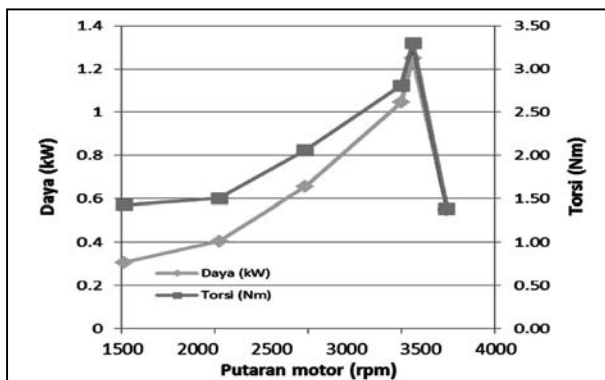
Kurva kinerja konverter dengan dua lubang ditunjukkan pada (Gambar 6d). Pada pengujian konverter dengan dua lubang, didapatkan daya maksimum mencapai 0.979 hp pada 3146 rpm dan torsi maksimum mencapai 4.307 Nm pada 1521 rpm. Konverter dengan dua lubang ini dirasakan oleh operator penguji sebagai karburator yang paling mudah untuk dinyalakan. Pengaturan katup tidak sesulit pada karburator lubang 8, 6, ataupun 4. Operator cukup membuka katup dan motor dapat dinyalakan dengan mudah. Saat diuji pembebanan menggunakan dinamometer, karburator dengan 2 lubang mampu melawan beban yang diberikan dinamometer dengan menambah torsi. Hal ini sangat terlihat dari ketiga grafik di atas. Pada grafik Gambar 6d terlihat bahwa torsi semakin tinggi pada putaran rendah, sementara daya mencapai



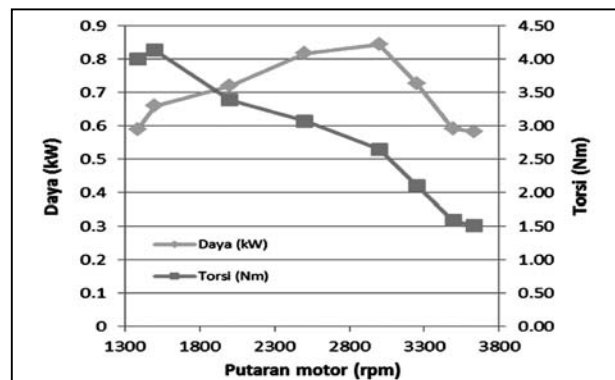
a. 8 lubang



b. 6 lubang



c. 4 lubang



d. 2 lubang

Gambar 6. Grafik kinerja motor bensin dengan konverter biogas pada jumlah lubang pemasukan biogas yang berbeda.

Tabel 2. Perbandingan daya pada motor antara bahan bakar biogas dengan bahan bakar bensin.

No.	Jumlah lubang	Kinerja yang dicapai		Penurunan yang terjadi	
		Daya (kW)	Torsi (Nm)	Daya	Torsi
1	8	0.70	2.12	62.4 %	65.8 %
2	6	0.83	2.51	55.2 %	59.6 %
3	4	1.30	3.42	30 %	45 %
4	2	0.89	3.83	52 %	38.3 %

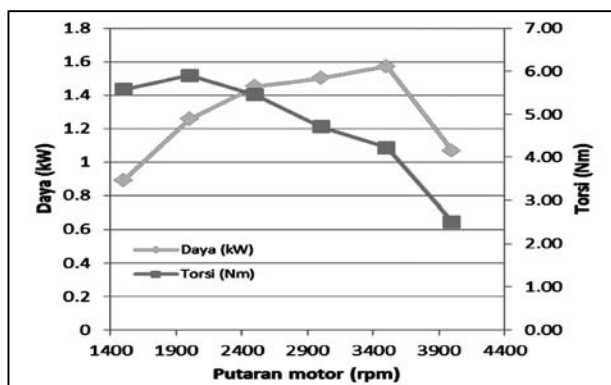
puncaknya pada kisaran 2000 hingga 3000 rpm. Bentuk grafik ini merupakan yang paling mendekati grafik kinerja motor yang ideal.

Hal yang menarik dari pengujian – pengujian di atas ialah bahwa walaupun kinerja motor secara keseluruhan yang paling baik diperoleh pada karburator dengan 2 lubang, namun daya maksimum yang dicapai justru diperoleh dari karburator dengan 4 lubang. Menurut Ganesan (2007), Campuran yang menghasilkan daya maksimum akan jauh lebih kaya dibandingkan dengan campuran stoikiometrik, sedangkan campuran yang paling ekonomis akan sedikit lebih miskin dibanding campuran stoikiometrik. Hal inilah yang menyebabkan daya maksimum diperoleh pada karburator 4 lubang, bukan pada dua lubang. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa karburator dengan 2 lubang

memberikan hasil yang paling baik dan paling layak untuk diaplikasikan di lapangan sebagai salah satu langkah untuk memanfaatkan energi terbarukan yang ada di sekitar kita.

Hasil pengujian kinerja motor menggunakan bahan bakar bensin dan semua komponen standar diperlihatkan pada Gambar 7.

Dari grafik Gambar 7 terlihat bahwa kinerja motor masih cukup baik. Hal ini diperlihatkan dengan bentuk kurva torsi dan daya yang masih cukup baik. Walaupun demikian, kondisi motor sudah tidak 100% sesuai dengan kondisi yang diiklankan oleh produsen. Pada kondisi baru, motor ini seharusnya mampu menghasilkan daya hingga 3.5 hp atau setara 2.61 kW. Namun pada pengujian ini didapatkan daya maksimum yang dicapai rata-rata hanya sebesar 1.86 kW dan torsi sebesar 6.21 Nm. Apabila dibandingkan dengan kinerja motor ketika dijalankan dengan bahan bakar biogas, terjadi penurunan yang cukup drastis. Penurunan kinerja ini dapat dilihat pada Tabel 2.



Gambar 7. Grafik kinerja motor dengan bahan bakar bensin

Kinerja Konverter Biogas di Lapangan

Setelah berhasil melakukan pengujian kinerja konverter biogas di Laboratorium menggunakan dinamometer maka, kegiatan selanjutnya adalah melakukan pengujian kinerja konverter biogas di lapang menggunakan mesin pertanian. Dalam penelitian ini mesin yang digunakan adalah mesin pompa air. Alasan menggunakan mesin pompa air adalah karena mesin pompa air merupakan salah satu mesin pertanian yang banyak dibutuhkan pada



Gambar 8. Pengaturan pada pengujian lapang menggunakan mesin pompa air.

Tabel 3. Jarak semprot dan debit pompa air menggunakan konverter biogas.

Putaran Motor (rpm)	Jarak (meter)	Debit (l/menit)
1650	7.25	4.5
1850	9.20	5.6
2020	11.40	6.5

peternakan sapi dimana biogas dihasilkan. Dengan menggunakan konverter biogas ini maka diharapkan peternak sapi tidak perlu lagi membeli bahan bakar bensin untuk menjalankan mesin pompa airnya melainkan dapat menggunakan langsung biogas hasil dari peternakan itu sendiri.

Pengujian konverter biogas menggunakan mesin pompa air dilakukan di Lab. lapangan Siswadi Soepardjo dengan menggunakan mesin pompa air tipe piston bertekanan tinggi sebagaimana yang biasa digunakan untuk penyemprotan/pembersihan kandang sapi. Pengaturan mesin pada pengujian tersebut diperlihatkan pada Gambar 8. Air yang digunakan adalah air yang tersedia pada penampungan air yang ada pada tandon air. Selanjutnya pengukuran yang dilakukan adalah debit dari pompa air serta jarak jangkauan semprotan dari pompa. Disamping itu juga diamati kinerja mesin dengan cara mengamati getaran dan suara mesin pada saat mengoperasikan pompa air tersebut.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin pompa air dapat dioperasikan dengan baik menggunakan motor bensin yang menggunakan konverter biogas. Biogas ditempatkan di dalam kantung plastik berukuran 1 m³. Hasil pengujian berupa jarak jangkauan semprot dan debit pompa disajikan pada Table 3. Pada pengukuran konsumsi bahan bakar biogas diketahui bahwa rata rata konsumsi bahan bakar biogas adalah 0.5 m³ biogas per jam operasi mesin. Konsumsi bahan bakar biogas ini tergantung dari beban kerja mesin tersebut. Semakin besar beban kerja, maka semakin tinggi konsumsi bahan bakar biogas yang digunakan.

Simpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perancangan telah dilakukan dan direalisasikan dalam bentuk sebuah prototipe konverter biogas dan dari hasil pengujian diketahui bahwa motor bensin mampu menyala dengan bahan bakar biogas dengan konverter biogas hasil rancangan.
2. Hasil pengujian menunjukkan konverter biogas dengan 2 lubang dengan rasio luas penampang 1 : 5.56 menghasilkan kinerja yang paling baik, dengan daya maks sebesar 0.979 kW pada 3146 rpm dan torsi maksimum sebesar 4.307 Nm pada 1521 rpm.
3. Setelah dibandingkan dengan kinerja motor berbahan bakar bensin, diketahui terjadi penurunan kinerja sebesar 52% untuk daya dan 38.3% untuk torsi pada karburator 2 lubang.
4. Pengujian lapangan dari konverter biogas dengan mesin pompa air menunjukkan hasil kinerja yang baik dengan debit maksimum 6.5 l/menit.

Daftar Pustaka

- Ganesan V. 2008. *Internal Combustion Engine. Second Edition*. New Delhi: Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited.
- Harikishan S. 2008. *Biogas Processing and Utilization as an Energy Source*. In: Khanal, Samir Khumal(ed). *Anaerobic for Bioenergy Production*. Iowa: Wiley-Blackwell, 267-291.
- Herringshaw B. 2009. A Study of Biogas Utilization Efficiency Highlighting Internal Combustion Electrical Generator Units [undergraduate honors thesis]. Ohio: College of Food, Agricultural, and Biological Engineering, The Ohio State University.
- Keating, Eugene L. 1993. *Applied Combustion*. 270 Madison Avenue, New York: Marcell Dekker, Inc.
- Pramuhadi G, Desrial, Hermawan W, Sembiring EN. 2010. Buku Pedoman dan Lembar Kerja Praktikum Motor dan Tenaga Pertanian. Bogor: Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Insititut Pertanian Bogor.
- Wahyuni S. 2011. *Menghasilkan Biogas dari Aneka Limbah*. Jakarta: Agromedia Pustaka